

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN  
POTENZA NOMINALE 60 MWp  
*Comune di Lucera (FG)***

**PROPONENTE:**

**TEP RENEWABLES (FOGGIA 2 PV) S.R.L.  
Viale Michelangelo, 177 – 71121 Foggia  
P. IVA e C.F. 04274560715 – REA FG - 314775**

**PROGETTISTA:**

**ING. LAURA CONTI  
Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1726**

**PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

***Relazione campi elettromagnetici***

<b>Cod. Documento</b>	<b>Data</b>	<b>Tipo revisione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
2564_3959_A3_LU_SIA_R04_Rev0_CEM.docx	07/2021	Prima emissione	AFr	RF	L.Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro
Leonardo Montesi	CEO TEP Renewables Ltd e A.U. TEP Renewables (Foggia 2 PV) Srl
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica
Corrado Pluchino	Coordinamento Progetto
Riccardo Festante	Coordinamento Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni
Fabio Lassini	Coordinamento Progettazione Civile e Idraulica
Daniele Crespi	Coordinamento SIA
Marco Corrà	Architetto
Francesca Jsparro	Esperto Ambientale
Ayelen Natalin Figgiaconi	Ingegnere Ambientale
Sergio Alifano	Architetto
Andrea Fanelli	Tecnico Elettrico
Sara Zucca	Architetto
Pietro Simone	Geologo
Massimiliano Kovacs	Geologo
Massimo Busnelli	Geologo
Mauro Aires	Ingegnere strutturista
Elena Comi	Biologo
Lia Buvoli	Biologo
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico
Francesco Grifoni	Agronomo
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Indagini Geotecniche Geodue
Giovanni Saraceno (3e Ingegneria Srl)	Progetto di Connessione alla R.T.N.
Giovanni Capocchiano	Rilievo topografico
Giovanni Brambilla (Alpha Robotix Srl)	Rilievo fotogrammetrico con droni

## INDICE

1. PREMESSA.....	4
1.1 INQUADRAMENTO DELL’AREA E DEL TERRITORIO DI INTERVENTO .....	5
1.2 DESCRIZIONE SINTETICA DELL’IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	7
1.3 CONFIGURAZIONE IMPIANTO .....	8
2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	13
3. DEFINIZIONI.....	16
4. CALCOLO DELLE DPA .....	20
4.1 CALCOLO DELLE DPA DELLE POWER STATION.....	20
4.2 CALCOLO DELLE DPA PER GLI ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE IN MEDIA TENSIONE.....	20

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1: Localizzazione dell’area di progetto.....	6
Figura 1.2: Stato di fatto dell’area di progetto.....	6

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.1: Riepilogo dati tecnici di impianto .....	8
Tabella 1.2: Configurazione cabine di conversione “Power Station” .....	9
Tabella 1.3: Elenco linee elettriche e loro impiego .....	12
Tabella 2.1 - Riferimenti normativi.....	13
Tabella 2.2: Limiti di esposizione – DPCM 8 Luglio 2003.....	14
Tabella 4.1: linea in media tensione maggiormente rappresentativa.....	21
Tabella 4.2: Stima della induzione magnetica.....	22

## 1. PREMESSA

La popolazione, in generale, è esposta a campi elettromagnetici prodotti da una grande varietà di sorgenti che utilizzano l'energia elettrica a varie frequenze.

Tali campi, variabili nel tempo, occupano la parte dello spettro che si estende dai campi statici alle radiazioni infrarosse. In questa gamma di frequenze (0 Hz – 300 GHz) i fenomeni di ionizzazione nel mezzo interessato dai campi sono trascurabili: pertanto le radiazioni associate a queste frequenze rientrano in quelle cosiddette radiazioni non-ionizzanti.

Alle più basse frequenze, quando i campi sono caratterizzati da variazioni lente nel tempo, per esempio alle frequenze industriali di 50/60 Hz, o, più in generale, quando l'esposizione ai campi elettromagnetici avviene a distanze dalla sorgente piccole rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici possono essere considerati indipendentemente.

Alle frequenze più alte o, più in generale, a distanze elevate rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici sono strettamente correlati tra di loro: dalla misura di uno di essi si può in genere risalire all'altro.

Contrariamente a quanto succede con le radiazioni ionizzanti, per le quali il contributo delle sorgenti naturali rappresenta la porzione più elevata dell'esposizione della popolazione, per le radiazioni non-ionizzanti le sorgenti di campi elettromagnetici realizzati dall'uomo tendono a diventare sempre più predominanti rispetto alle sorgenti naturali.

Negli ultimi decenni l'uso dell'elettricità è aumentato considerevolmente, sia per la distribuzione dell'energia elettrica sia per lo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione, con conseguente aumento dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

I campi variabili nel tempo più comuni a cui le persone sono permanentemente esposte sono quelli derivanti dai sistemi di generazione, trasmissione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica a 50/60 Hz, dai sistemi di trazione ferroviaria, dai sistemi di trasporto pubblico (da 0 Hz a 3 kHz) e dai sistemi di telecomunicazioni (trasmettitori radiofonici e televisivi, ponti radio a microonde, stazioni radiobase per telefonia mobile, radar, ecc.).

I campi generati dalle diverse sorgenti possono essere di vario tipo. La forma d'onda può essere sinusoidale, modulata in ampiezza (AM) o in frequenza (FM) nel caso di comunicazioni radio, o modulata ad impulsi come nei radar dove l'energia delle microonde viene trasmessa in brevi pacchetti di impulsi della durata di microsecondi.

L'esposizione umana dipende non solo dall'intensità dei campi elettromagnetici generati, ma anche dalla distanza dalla sorgente e, nel caso di antenne direzionali, quali quelle dei sistemi di comunicazione radar o satellitari, anche dalla vicinanza dal fascio principale di radiazione.

La maggior parte delle persone è esposta ai campi prodotti dai trasmettitori a radiofrequenza di bassa potenza, quali quelli delle stazioni base della telefonia cellulare, e dai sistemi di sicurezza e di controllo degli accessi, dove i campi possono provocare un'esposizione non uniforme del corpo. Generalmente le intensità dei campi prodotti da queste sorgenti decrescono rapidamente con la distanza.

Per proteggere la popolazione dagli eventuali effetti nocivi dell'esposizione ai campi elettromagnetici prodotti da tali sorgenti, sono stati sviluppati in ambiti nazionali e internazionali diversi tipi di linee-guida: esse sono generalmente basate sull'individuazione di valori da non superare per alcune grandezze di base, derivanti da valutazioni biologiche (grandezze interne al corpo, quali la densità di corrente e la sovratemperatura corporea), cui corrispondono altre grandezze derivate esterne, facilmente misurabili, quali il campo elettrico e il campo magnetico.

Il presente documento è finalizzato alla esecuzione della valutazione dei campi elettromagnetici e relative fasce di rispetto, generati dall'esercizio di un impianto fotovoltaico di produzione di energia da fonte solare, di potenza di picco complessiva pari a 60 MWp, da realizzare nel comune di Lucera, in un terreno compreso tra le strade SP115 ed SP117. L'area di intervento per l'installazione dell'impianto risulta essere pari a circa 173 ha, di cui circa 122 ha recintati per l'installazione dell'impianto.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali che saranno installati su strutture mobili sospese (tracker) di tipo monoassiale mediante palo infisso nel terreno. I pali di sostegno sono distanti tra loro 10.8 metri per consentire la coltivazione e garantire la giusta illuminazione al terreno, mentre i pannelli sono distribuiti in maniera da limitare al massimo l'ombreggiamento.

L'area di impianto si divide in due sezioni:

- Sezione Nord, sul perimetro della quale sarà posizionata la cabina generale MT. All'interno di tale cabina saranno realizzati l'arrivo della linea di connessione dalla SSE Terna 380/150 kV, due rami di alimentazione verso i sottocampi della sezione Nord, una linea di alimentazione verso la cabina di smistamento della sezione Sud e una linea per l'alimentazione dei carichi ausiliari di impianto;
- Sezione Sud, interconnessa alla sezione Nord di impianto attraverso un collegamento in cavo con partenza dalla cabina generale MT e arrivo alla cabina secondaria di smistamento MT. All'interno di quest'ultima saranno realizzati 3 rami di alimentazione verso i sottocampi della sezione Sud e una linea di alimentazione dei carichi ausiliari di impianto.

L'impianto sarà costituito da 25 sottocampi distribuiti tra le due sezioni; 8 sottocampi nell'area Nord e 17 sottocampi nell'area Sud. A ogni sottocampo sarà associata una cabina di trasformazione MT/BT (Power Station), con una potenza nominale compresa tra 998 e 1995 kVA. La distribuzione MT interna all'impianto sarà 30 kV.

L'impianto fotovoltaico sarà tecnicamente connesso in antenna a 150 kV alla sottostazione di trasformazione della RTN 380/150 kV di località "Sprecacenero" nel comune di Foggia, mediante una linea di connessione interrata in MT 30 kV di lunghezza pari a circa 10 km.

Il progetto rientra nelle azioni relative alla produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nell'ottica di una progressiva sostituzione dei combustibili fossili e della riduzione dei gas climalteranti, secondo quanto previsto dagli accordi internazionali in materia, le leggi italiane e i dispositivi di incentivazioni nazionali.

## 1.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA E DEL TERRITORIO DI INTERVENTO

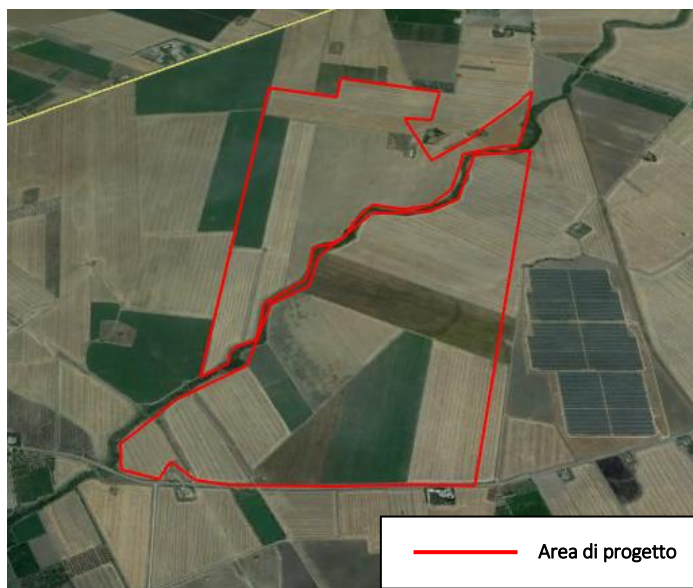
L'area di intervento è sita nell'agro di Lucera in località "Scoppaturo" in un terreno agricolo posto a cavallo del Torrente Celone tra la strada Vicinale Vado Biccari e via Vaccarella.

L'area di intervento per l'installazione dell'impianto risulta essere pari a circa 173 ha, di cui circa 122 ha recintati per l'installazione dell'impianto.

Tali aree, nel vigente strumento urbanistico, sono destinate attualmente a zone di uso agricolo (zone E) come da Certificato di Destinazione Urbanistico del 9 aprile 2019 prot. 43240.

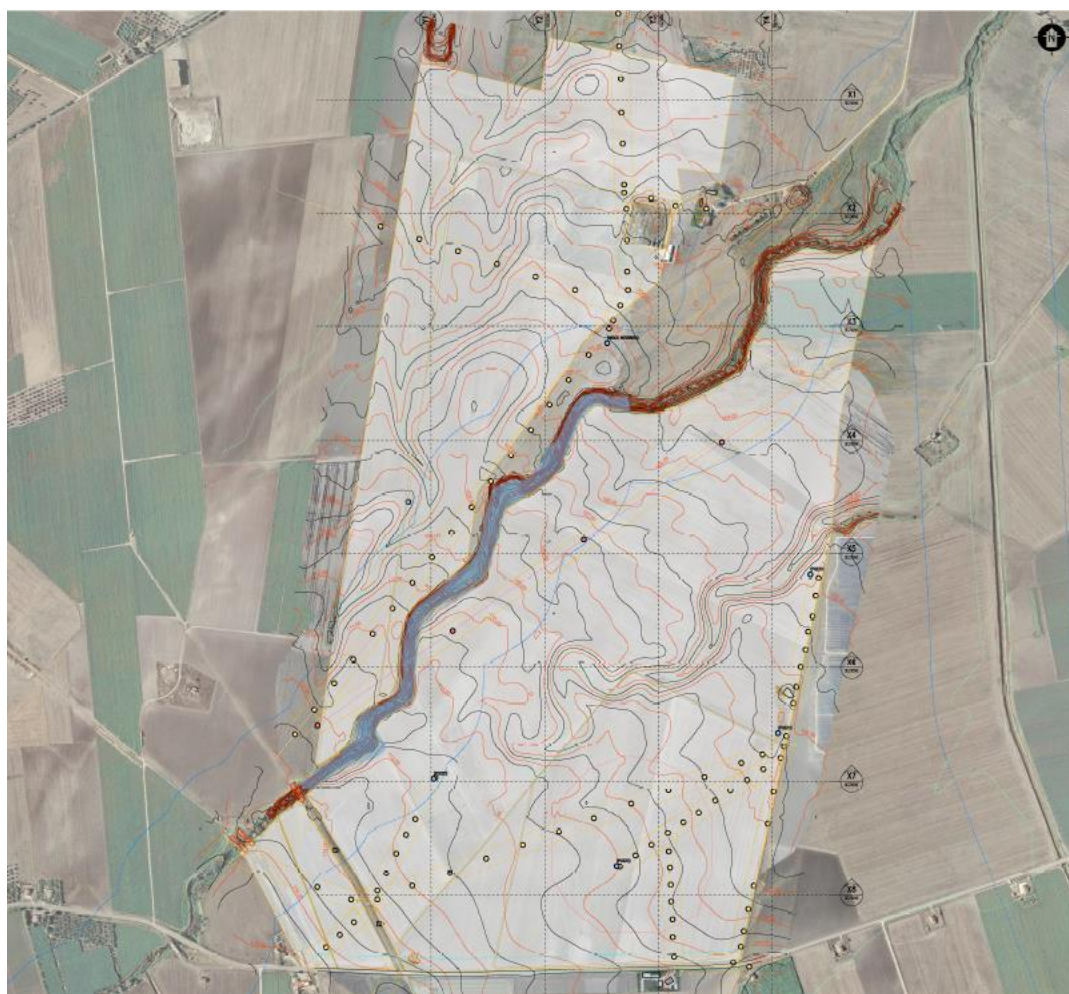
La connessione dell'impianto avverrà tramite cavo interrato in MT lungo viabilità pubblica, il percorso della connessione sarà di circa 10 Km. Il punto di allaccio sarà la sottostazione di trasformazione della RTN 380/150 kV di località "Sprecacenero" nel comune di Foggia.

Tale valutazione si riferisce ai campi elettromagnetici generati dall'impianto fotovoltaico ad esclusione di quelli relativi alla linea di connessione trattati in altro specifico documento.



*Figura 1.1: Localizzazione dell'area di progetto.*

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.



*Figura 1.2: Stato di fatto dell'area di progetto*



Le coordinate del sito sono: latitudine 41°27'19,10"N, longitudine 15°27'38,40"E

## 1.2 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico ha una potenza in DC di circa 60 MW con tensione di esercizio a 30 kV 50Hz.

L'impianto fotovoltaico sarà connesso in antenna a 150 kV alla sottostazione di trasformazione della RTN 380/150 kV di località "Sprecacenero" nel comune di Foggia, mediante una linea di connessione interrata in MT di lunghezza pari a circa 10 km.

L'impianto è così costituito:

- n.1 cabina generale MT di connessione con tensione nominale a 30 kV posizionata sul perimetro della sezione Nord di impianto. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente il quadro QMT1 contenente le protezioni generale PG e di interfaccia PI e gli apparati SCADA e telecomando; dal quadro QMT1 partono 2 linee di alimentazione verso gli 8 sottocampi della sezione Nord e una linea di alimentazione verso la sezione Sud di impianto;
- n.1 cabina secondaria MT con tensione nominale 30 kV, connessa alla cabina generale MT e posizionata sul perimetro della sezione Sud di impianto; da tale cabina partono le 3 linee di alimentazione verso i 17 sottocampi della sezione Sud;
- n. 25 Power Station (PS). Le Power Station o cabine di campo avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa a media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dalle String Box che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate su pali infissi nel terreno;
- L'impianto è completato da:
  - tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
  - opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto elettrico di media tensione è stato previsto con distribuzione radiale. L'impianto di bassa tensione sarà realizzato in corrente alternata e continua.

I calcoli preliminari relativi al dimensionamento degli impianti e lo studio preliminare di cortocircuito sono contenuti nell'elaborato rif. "2564\_3959\_A3\_LU\_PA\_R06\_Rev0\_Relazione calcolo preliminare impianti".

### 1.3 CONFIGURAZIONE IMPIANTO

L'impianto, è collegato alla rete elettrica nazionale con connessione trifase in alta tensione; ha una potenza pari a 60 MWp, suddivisa in 25 generatori, derivante da 141.820 moduli. Tali moduli sono ricompresi all'interno di un'area di proprietà recintata avente una superficie di circa 120ha. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa della configurazione di impianto

RIFERIMENTO	DESCRIZIONE						
Richiedente	TEP RENEWABLES (FOGGIA 2 PV) S.R.L.						
Luogo di installazione:	Lucera (FG)						
Denominazione impianto:	Foggia 2						
Dati catastali area di progetto:	Foglio 56: particella 2, 11, 13, 16, 23, 42 Foglio 124: particella 1 Foglio 152: particelle 1, 19, 22, 24, 26, 42, 55, 56, 57, 63, 65, 90, 92						
Potenza di picco (MW <sub>p</sub> ):	60 MWp						
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare.						
Connessione:	Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI						
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker fissate a terra su pali						
Inclinazione piano dei moduli:	+55° - 55°						
Azimuth di installazione:	0°						
Caratterizzazione urbanistico vincolistica:	Il PRG del Comune di Lucera colloca l'area di intervento in zona E/area agricola						
Cabine PS:	n. 25 distribuite in campo						
Posizione cabina elettrica di connessione e distribuzione:	n. 2 cabina interne al campo FV (una in sezione Nord e una in sezione Sud) e n.1 cabina MT/AT in prossimità della SSE in località Spreccacenero (comune di Foggia)						
Rete di collegamento:	Alta tensione 380/150 kV						
Coordinate:	41°27'19.10"N 15°27'38.40"E Altitudine media 106 m s.l.m.						
Potenza totale e quantità di power station previste:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>POTENZA CABINE MVA</th> <th>NUMERO CABINE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,998</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1,995</td> <td>23</td> </tr> </tbody> </table>	POTENZA CABINE MVA	NUMERO CABINE	0,998	2	1,995	23
POTENZA CABINE MVA	NUMERO CABINE						
0,998	2						
1,995	23						
Rete di collegamento e Gestore:	Alta Tensione 150 kV, Terna SpA						

Tabella 1.1: Riepilogo dati tecnici di impianto

Come riportato nello schema unifilare, la distribuzione elettrica prevede la realizzazione di 5 rami di alimentazione verso i sottocampi; due rami in partenza dalla cabina generale MT 30 kV della sezione Nord e 3 rami in partenza dalla cabina di smistamento MT 30 kV della sezione Sud. In ciascun ramo le power station saranno alimentate in configurazione Entra-Esci. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle power station e relativo ramo di connessione.



ID.	RAMO	POWER STATION	POTENZA AC (KVA)
1	A	POWER STATION A1	1995
2	A	POWER STATION A2	1995
3	A	POWER STATION A3	1995
4	A	POWER STATION A4	1995
5	B	POWER STATION B1	998
6	B	POWER STATION B2	1995
7	B	POWER STATION B3	1995
8	B	POWER STATION B4	1995
9	C	POWER STATION C1	1995
10	C	POWER STATION C2	1995
11	C	POWER STATION C3	1995
12	C	POWER STATION C4	1995
13	C	POWER STATION C5	1995
14	C	POWER STATION C6	998
15	D	POWER STATION D1	1995
16	D	POWER STATION D2	1995
17	D	POWER STATION D3	1995
18	D	POWER STATION D4	1995
19	D	POWER STATION D5	1995
20	E	POWER STATION E1	1995
21	E	POWER STATION E2	1995
22	E	POWER STATION E3	1995
23	E	POWER STATION E4	1995
24	E	POWER STATION E5	1995
25	E	POWER STATION E6	1995

*Tabella 1.2: Configurazione cabine di conversione "Power Station"*

Si rimanda alle tavole di dettaglio per un'ulteriore comprensione ed inquadramento planimetrico delle aree d'impianto. Dalla lettura dello schema unifilare del presente progetto, è possibile riscontrare le informazioni e le caratteristiche impiantistiche dell'impianto fotovoltaico nonché dei suoi elementi.

I vari sottocampi fotovoltaici nel quale è elettricamente suddiviso l'intero impianto saranno connessi a due cabine generali di parallelo sita una all'interno dell'area Nord di impianto e denominata CABINA PRINCIPALE MT (LATO FV) e l'altra denominata CABINA DI SMISTAMENTO MT sita all'interno dell'area Sud di impianto.

Tutti i sottocampi e relative cabine di media tensione saranno connessi alle cabine CABINA PRINCIPALE MT (LATO FV) e CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT tramite linee interrate costituite da cavi in MT 30kV in alluminio tipo ARG7H1RNR 18/30 kV

In tali cabine avverrà il parallelo elettrico di queste singole produzioni ed il successivo convogliamento verso le linee di connessione utente a 30kV. Il resto della distribuzione sarà in corrente continua pertanto non sarà oggetto di analisi.

Di seguito si riporta l'elenco delle linee in MT presenti in impianto e i relativi dati di impiego, quali correnti di esercizio, tensione e formazione.

CABINA	COLLEGAMENTO DA:	COLLEGAMENTO A:	POTENZA NOMINALE	FORMAZIONE	LUNGHEZZA LINEA	SISTEMA DI DISTRIBUZIONE	CORRENTE DI IMPIEGO IB	IZ	CADUTA DI TENSIONE TOTALE (IB)	TIPO DI POSA	ISOLAMENTO	DESIGNAZIONE CAVO	MATERIALE CONDUTTORE	TEMPERATURA AMBIENTE
			[kW]		[m]		[A]	[A]	[%]					[°C]
CABINA PRINCIPALE MT (LATO FV)	CABINA GENERALE MT	POWER STATION A1	8000	3x(1x120)	470	Media	153,96	193,36	0,126	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
CABINA PRINCIPALE MT (LATO FV)	CABINA GENERALE MT	POWER STATION B1	7000	3x(1x120)	115	Media	134,72	193,36	0,027	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
CABINA PRINCIPALE MT (LATO FV)	CABINA GENERALE MT	CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	33000	4x3x(1x120)	600	Media	638,93	763,78	0,166	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
CABINA PRINCIPALE MT (LATO FV)	CABINA GENERALE MT	TRASFORMATORE AUSILIARI	200	3x(1x50)	15	Media	3,84	183,22	0,00	A6 - Tre cavi unipolari in aria spaziat De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
CABINA PRINCIPALE MT (LATO FV)	TRASFORMATORE E AUSILIARI	UTENZE AUSILIARIE	200	3x120	10	TN-S	287,23	346,00	1,81	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	EPR	FG7OR 0.6/1 kV	RAME	30
POWER STATION RAMO A	POWER STATION A1	POWER STATION A2	6000	3x(1x120)	160	Media	115,47	193,36	0,158	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO A	POWER STATION 1	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,129	A6 - Tre cavi unipolari in aria spaziat De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO A	POWER STATION A2	POWER STATION A3	4000	3x(1x120)	270	Media	76,98	193,36	0,194	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO A	POWER STATION A2	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,161	A6 - Tre cavi unipolari in aria spaziat De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO A	POWER STATION A3	POWER STATION A4	2000	3x(1x120)	805	Media	38,49	193,36	0,248	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO A	POWER STATION A3	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,197	A6 - Tre cavi unipolari in aria spaziat De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO A	POWER STATION A4	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,251	A6 - Tre cavi unipolari in aria spaziat De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO B	POWER STATION B1	POWER STATION B2	6000	3x(1x120)	205	Media	115,47	193,36	0,068	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO B	POWER STATION B1	TRASFORMATORE MT/BT	1000	3x(1x50)	20	Media	19,25	183,22	0,029	A6 - Tre cavi unipolari in aria spaziat De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO B	POWER STATION B2	POWER STATION B3	4000	3x(1x120)	135	Media	76,98	193,36	0,086	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO B	POWER STATION B2	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,071	A6 - Tre cavi unipolari in aria spaziat De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO B	POWER STATION B3	POWER STATION B4	2000	3x(1x120)	145	Media	38,49	193,36	0,096	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30

POWER STATION RAMO B	POWER STATION B3	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,089	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO B	POWER STATION B4	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,099	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	POWER STATION C1	11000	2x3x(1x120)	70	Media	211,70	386,72	0,179	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	POWER STATION D1	10000	2x3x(1x120)	805	Media	192,45	386,72	0,301	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	POWER STATION E1	12000	2x3x(1x120)	620	Media	230,94	386,72	0,291	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	TRASFORMATORE AUSILIARI	200	3x(1x50)	15	Media	3,84	183,22	0,167	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
CABINA SECONDARIA DI SMISTAMENTO MT	TRASFORMATORE AUSILIARI	UTENZE AUSILIARIE	200	3x120	10	TN-S	287,23	346,00	1,98	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	EPR	FG7OR 0.6/1 kV	RAME	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C1	POWER STATION C2	9000	2x3x(1x120)	265	Media	173,21	386,72	0,219	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C1	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,183	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C2	POWER STATION C3	7000	2x3x(1x120)	245	Media	134,72	386,72	0,248	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C2	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,223	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C3	POWER STATION C4	5000	2x3x(1x120)	275	Media	96,23	386,72	0,271	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C3	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,251	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C4	POWER STATION C5	3000	2x3x(1x120)	180	Media	57,74	386,72	0,28	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C4	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,274	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C5	POWER STATION C6	1000	2x3x(1x120)	440	Media	18,27	386,72	0,287	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C5	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,283	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO C	POWER STATION C6	TRASFORMATORE MT/BT	1000	3x(1x50)	20	Media	18,27	183,22	0,289	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO D	POWER STATION D1	POWER STATION D2	8000	2x3x(1x120)	245	Media	153,96	386,72	0,334	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO D	POWER STATION D1	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,304	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30

POWER STATION RAMO D	POWER STATION D2	POWER STATION D3	6000	2x3x(1x120)	180	Media	115,47	386,72	0,352	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO D	POWER STATION D2	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	186,22	0,337	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO D	POWER STATION D3	POWER STATION D4	4000	2x3x(1x120)	100	Media	76,98	386,72	0,359	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO D	POWER STATION D3	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	186,22	0,355	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO D	POWER STATION D4	POWER STATION D5	2000	2x3x(1x120)	290	Media	38,49	386,72	0,368	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO D	POWER STATION D4	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	186,22	0,362	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO D	POWER STATION D5	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	186,22	0,372	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E1	POWER STATION E2	9000	2x3x(1x120)	480	Media	192,45	386,72	0,371	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E1	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,294	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E2	POWER STATION E3	7000	2x3x(1x120)	215	Media	153,96	386,72	0,400	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E2	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,374	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E3	POWER STATION E4	5000	2x3x(1x120)	185	Media	115,47	386,72	0,418	D6 - Due terne di cavi unipolari interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E3	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,403	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E4	POWER STATION E5	3000	2x3x(1x120)	100	Media	76,98	386,72	0,425	D6 - Due terne di cavi unipolari interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E4	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,422	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E5	POWER STATION E6	1000	2x3x(1x120)	200	Media	38,49	386,72	0,432	D5 - Tre cavi unipolari Interrati a trifoglio	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E5	TRASFORMATORE MT/BT	2000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,428	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30
POWER STATION RAMO E	POWER STATION E6	TRASFORMATORE MT/BT	1000	3x(1x50)	20	Media	38,49	183,22	0,435	A6 - Tre cavi unipolari in aria spazati De, in orizzontale su passerella continua	EPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30

Tabella 1.3: Elenco linee elettriche e loro impiego

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi vengono riportati nella tabella che segue:

### RIFERIMENTI NORMATIVI

L. n. 36 del 22.02.2001	Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
D.P.C.M. 08.07.2003	Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti
Raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999	Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300Ghz
Decreto Min. Amb. 29.05.2008	Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica
DM 21 marzo 1988, n. 449	Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" e s.m.i.
CEI 11-60	Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100kV
CEI 11-17	Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo
CEI 106-11	Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I
CEI 211-4	Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche
ENEL - Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08	Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche
Linee guida ICNIRP	Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)
Circolare del Ministero dell'Ambiente del 15/11/2004	la Protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Determinazione fasce di rispetto

Tabella 2.1 - Riferimenti normativi

La Legge Quadro ha demandato la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al decreto attuativo DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.

<b>Tabella 1: Limiti di esposizione – DPCM 8 luglio 2003</b>		
	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B ( $\mu$ T)
Limite di esposizione * (da non superare mai)	5 ***	100
Valore di attenzione ** (da non superare in ambienti abitativi e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità ** (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3
Note: * Valori efficaci ** Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio *** Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m.		

*Tabella 2.2: Limiti di esposizione – DPCM 8 Luglio 2003*

Come indicato dalla Legge 36/2001, il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, mentre il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità si intendono riferiti alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio.

Inoltre, il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/2001 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.

Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La suddetta metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.



### 3. DEFINIZIONI

#### Campo magnetico

Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica.

Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale un corpo magnetizzato, questo risulta soggetto ad una forza. L'unità di misura del campo magnetico è l'A/m.

L'induzione magnetica è una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento ed è espressa in tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico si ricavano in base all'equazione:  $1A/m = 4\pi \cdot 10^{-7} T$ .

#### Campo elettrico

Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale una carica elettrica, questa risulta soggetta ad una forza. L'unità di misura del campo elettrico è il V/m.

#### Campo elettromagnetico

Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a se stesso, un campo magnetico pure variabile che, a sua volta, influisce sul campo elettrico stesso. Questi campi concatenati determinano nello spazio la propagazione di un campo elettromagnetico. È importante la distinzione tra campo vicino e campo lontano. La differenza consiste essenzialmente nel fatto che in prossimità della sorgente irradiante, cioè in condizioni di campo vicino, il campo elettrico ed il campo magnetico assumono rapporti variabili con la distanza, mentre ad una certa distanza, cioè in campo lontano, il rapporto tra campo elettrico e campo magnetico rimane costante.

ELF è la terminologia anglosassone per definire i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, comprese tra 30 Hz e 300 Hz.

L'esposizione a campi ELF dovuta ad una determinata sorgente è valutabile misurando separatamente l'entità del campo elettrico e del campo magnetico. Questo perché alle frequenze estremamente basse, le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici, piuttosto che a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri. I campi ELF sono quindi caratterizzati da due entità distinte: il campo elettrico, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni, ed il campo magnetico, generato invece dalle correnti elettriche.

#### Intensità di corrente (J).

È definita come il flusso di corrente attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in ampere per metro quadro (A/m<sup>2</sup>).

#### Intensità di campo elettrico

È una grandezza vettoriale (E) che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m).

#### Intensità di campo magnetico

È una grandezza vettoriale (H) che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m).

### **Induzione magnetica**

È una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione  $1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$ .

### **Densità di potenza (S).**

Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte, per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in watt per metro quadro (W/m<sup>2</sup>).

### **Assorbimento specifico di energia (SA).**

Si definisce mediante l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in joule per chilogrammo (J/kg). Nella presente raccomandazione il termine si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.

### **Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR).**

Si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa del tessuto corporeo ed è espresso in watt per chilogrammo (W/kg). Il SAR riferito a tutto il corpo è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi all'esposizione a RF. Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a speciali condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF nella gamma inferiore di MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

### **Linea**

Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione. Le linee a tre o a più estremi sono sempre definite come più tronchi di linea a due stremi. Gli organi di manovra connettono tra loro componenti delle reti (es. interruttori, sezionatori, ecc.) e permettono di interrompere il passaggio di corrente.

### **Elettrodotto**

È l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

### **Tronco**

I tronchi di linea corrispondono ai collegamenti metallici che permettono di unire fra loro due impianti gestiti allo stesso livello di tensione (compresi gli allacciamenti). Si definisce tronco fittizio il tronco che unisce due impianti adiacenti.

### **Tratta**

La tratta è una porzione di tronco di linea, composto da una sequenza di campate contigue, avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (es. tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, tratta singola, doppia, ammazzettata, ecc.) e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale). Ad ogni variazione delle caratteristiche si individua una nuova tratta.

### **Campata**

La campata è l'elemento minimo di una linea elettrica; è sottesa tra due sostegni o tra un sostegno e un portale (ultimo sostegno già all'interno dell'impianto).

## Sostegni

Il sostegno è l'elemento di supporto meccanico della linea aerea in conduttori nudi o in cavo. I sostegni, i sostegni porta terminali ed i portali possono essere costituiti da pali o tralicci.

## Impianto

Nell'ambito di una rete elettrica l'impianto corrisponde ad un'officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie, Cabine Utente AT. Inoltre rientrano in questa categoria anche quelle stazioni talvolta chiamate di Allacciamento.

## Corrente

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

### Portata in corrente in servizio normale

È la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.

### Portata in regime permanente

Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).

## Fascia di rispetto

È lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'articolo 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

### Distanza di prima approssimazione (Dpa)

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

## Esposizione

È la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;

### Limite di esposizione

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. I valori limite di esposizione per la popolazione sono invece richiamati dalla Legge Quadro, e sono stati indicati con apposito decreto D.P.C.M. 08.07.2003, che prevede il rispetto dei seguenti valori: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di **100  $\mu$ T** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

### **Valore di attenzione**

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

### **Obiettivi di qualità**

Sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della L. 36/2001; sono anche i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a) della medesima legge, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi;

### **Limiti di base**

Le limitazioni all'esposizione ai campi elettrici magnetici ed elettro-magnetici variabili nel tempo, che si fondano direttamente su effetti accertati sulla salute e su considerazioni di ordine biologico, sono denominate «limiti di base». In base alla frequenza del campo, le quantità fisiche impiegate per specificare tali limitazioni sono: la densità di flusso magnetico (B), la densità di corrente (J), il tasso di assorbimento specifico di energia (SAR), e la densità di potenza (S). La densità di flusso magnetico e la densità di potenza negli individui esposti possono essere misurate rapidamente.

### **Livelli di riferimento.**

Questi livelli sono indicati a fini pratici di valutazione dell'esposizione in modo da determinare se siano probabili eventuali superamenti dei limiti di base. Alcuni livelli di riferimento sono derivati dai limiti di base fondamentali attraverso misurazioni e/o tecniche informatiche e alcuni livelli di riferimento si riferiscono alla percezione e agli effetti nocivi indiretti dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Le quantità derivate sono: l'intensità di campo elettrico (E), l'intensità di campo magnetico (H), la densità del flusso magnetico (B), la densità di potenza (S) e la corrente su un arto (IL). Le grandezze che si riferiscono alla percezione e agli altri effetti indiretti sono la corrente (di contatto) (Ic) e, per i campi pulsati, l'assorbimento specifico di energia (SA). In qualunque situazione particolare di esposizione, i valori misurati o calcolati di una delle quantità sopra citate possono essere confrontati al livello di riferimento appropriato. L'osservanza del livello di riferimento garantirà il rispetto delle restrizioni fondamentali corrispondenti. Se il valore misurato supera il livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che sia superata la restrizione fondamentale. In tali circostanze, tuttavia, vi è la necessità di definire se il limite di base sia o meno rispettato.

## 4. CALCOLO DELLE DPA

Si è proceduto al calcolo della Distanze di Prima Approssimazione (DPA) dalle linee elettriche di impianto e dai cabinati di trasformazione e connessione, quali la cabina MT principale, la cabina secondaria MT di smistamento e le cabine di campo "Power Station". Gli elementi sopra descritti sono tutti caratterizzati da una tensione massima nominale di 30kV in AC e 1500 V in DC. Tale valutazione si riferisce esclusivamente alla fase di esercizio dell'impianto in quanto durante la realizzazione e dismissione i campi daranno nulli data l'assenza di tensione nei circuiti.

### 4.1 CALCOLO DELLE DPA DELLE POWER STATION

In merito alla valutazione delle distanze di prima approssimazione nei cabinati power station e nelle cabine MT si è considerata la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina stessa in quanto le stesse al loro interno non sono considerate luogo di lavoro stabile ma occupato dal personale tecnico in modo saltuario durante la manutenzione che perlopiù avverranno in assenza di tensione.

Tali DPA sono state valutate impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". La DPA va quindi calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Per le cabine secondarie di sola consegna in media tensione, come nel caso in esame della cabina di consegna di impianto (sezione Nord di impianto), e della cabina di smistamento (sezione Sud di impianto) la DPA da considerare è quella relativa alla linea MT entrante/uscente dalla stessa.

Nel caso in esame data la diversa tipologia di cabinati si è preso come riferimento il cabinato con la maggior corrente in MT e BT. In particolare nel caso di Cabine MT/BT si è preso come riferimento il diametro equivalente reale del cavo in uscita dal trasformatore (x) pari a circa 40 mm e la corrente massima in BT, di circa 2028 A.

Dalla applicazione della equazione sopra riportata si desume una DPA è di circa 3,41m, all'esterno della quale il campo di induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T riferendoci alla corrente in bassa tensione del trasformatore della tipica Power Station prevista a progetto (1995 kVA).

### 4.2 CALCOLO DELLE DPA PER GLI ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE IN MEDIA TENSIONE

Nella tabella di pagina 9 sono riepilogate le linee elettriche in merito, alla tipologia di posa ed alla corrente di impianto quali elementi considerati nella verifica delle DPA

In merito al calcolo delle DPA delle linee in media tensione è stato preso come riferimento il tratto di linea interno all'impianto dalla maggior intensità di corrente; nel caso di specie si tratta della linea interna al campo che collega la cabina generale MT alla cabina secondaria di smistamento (collegamento della sezione Nord di impianto con la sezione Sud), caratterizzato da una corrente di circa 640 A.

La stima delle DPA per le linee in MT è stata valutata secondo il DM 29 maggio 2008 preliminarmente attraverso l'utilizzo del metodo semplificato riportato al paragrafo 6.2 della norma CEI 106-11 e successivamente attraverso l'utilizzo del metodo bidimensionale (che applica la legge di Biot e Savart);

quest'ultimo tiene conto in modo cautelativo anche della sovrapposizione dei campi in caso di parallelismi.

La premessa al calcolo sono:

- La corrente considerata è quella massima di erogazione dell'impianto fotovoltaico alla tensione di esercizio nominale
- La profondità di posa è quella di progetto 1,4 m
- Le correnti si considerano equilibrate tra loro

Di seguito si riportano i risultati del calcolo delle DPA dei tratti considerati con i vari modelli, quali attraversati dalla maggior intensità di corrente e pertanto rappresentativi di tutte le linee elettriche in MT presenti nel campo fotovoltaico.

COLLEGAMENTO DA	COLLEGAMENTO A	TENSIONE NOMINALE [KV]	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	INTENSITÀ DI CORRENTE [A]
Da cabina generale MT	Cabina secondaria di smistamento MT	30	100	1,4	640

Tabella 4.1: linea in media tensione maggiormente rappresentativa

Il metodo semplificato per il calcolo dell'induzione magnetica per linee in cavo interrato a semplice terna, riportato al paragrafo 6.2.3 della norma CEI 106-11, prevede l'utilizzo della seguente relazione (specifica per cavi interrati a trifoglio):

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Da tale formula si ricava il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu T$  che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

Per cavi interrati il valore del raggio a induzione magnetica costante pari a 3  $\mu T$  calcolato al livello del suolo è pari a:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$

Nel caso in esame, per quanto riguarda il tratto di linea che collega la cabina generale MT alla cabina secondaria di smistamento il raggio  $R_0$  è pari a 1,81 m. Arrotondando tale valore per eccesso la distanza dall'asse verticale dell'elettrodotto per il quale è garantito l'obiettivo di qualità di 3  $\mu T$  è pari a 2 m.

Nella seguente tabella si riporta la stima del campo di induzione magnetica indotto dalla linea presa in esame con il metodo bidimensionale.

DISTANZA DALL'ASSE PUNTO DI STIMA POSTO AL LIVELLO DEL SUOLO (M)	INDUZIONE MAGNETICA B (COLLEGAMENTO DA CABINA GENERALE MT A CABINA SECONDARIA MT) [ $\mu T$ ]
1	128
2	64,03246173
3	42,68830782

4	32,01623086
5	25,61298469
10	12,80649235
20	6,403246173
30	4,268830782
40	3,201623086
45	2,845887188

*Tabella 4.2: Stima della induzione magnetica*

Nota: R0 è il valore di distanza oltre il quale il valore dell'induzione magnetica scende al di sotto dei 3  $\mu\text{T}$ . I dati riportati in tabella evidenziano che alla distanza di 1 m dall'asse dell'elettrodotto è superato il limite di esposizione di 100  $\mu\text{T}$ . In ragione di questo le terne di cavi MT sono posate ad una profondità pari a 1,4 m per il quale il corrispondente valore di induzione magnetica B è pari a 91,43  $\mu\text{T}$ , al di sotto del limite di esposizione di 100  $\mu\text{T}$ .

Analizzando i calcoli sopra esposti emerge che l'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  imposto per la protezione degli effetti a lungo termine è raggiunto a circa 43 metri dalla sorgente.

Il calcolo normalizzato sopra riportato essendo riferito all'induzione generata da una linea nel vuoto percorsa da corrente non tiene conto dell'interramento delle linee ed è pertanto da considerarsi estremamente cautelativo.

In ogni caso l'impianto fotovoltaico durante l'esercizio ordinario non prevede la presenza continuativa di personale di sorveglianza o addetto alla manutenzione ordinaria. È esclusa pertanto l'eventuale esposizione ai campi elettromagnetici.